

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-308043

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 1 1 B 11/10

識別記号  
5 8 6  
5 0 6

F I  
G 1 1 B 11/10

5 8 6 C  
5 0 6 A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-115791

(22) 出願日 平成9年(1997)5月6日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 藤井 英一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

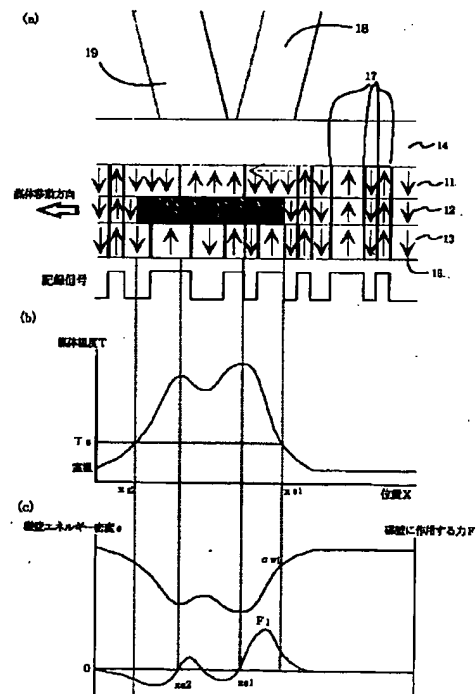
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 情報再生方法及び情報再生装置

(57) 【要約】

【課題】 光の回折限界以下の周期の信号が高速で再生可能となり、微少な記録磁区に対しても大きな記録磁区の場合とほぼ同じ振幅で再生信号が得られ、記録密度並びに転送速度を大幅に向上できる光磁気記録の再生方法を提供する。

【解決手段】 室温において交換結合して順次積層されている第1、第2および第3の磁性層からなる磁性層を少なくとも有する磁気記録媒体であって、第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度が大きな磁性膜からなり、第2の磁性層は、第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性膜からなる磁気記録媒体を用い、媒体上に、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布を形成して情報の再生を行う情報再生方法。



non

front

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 室温において交換結合して順次積層されている第1、第2および第3の磁性層からなる磁性層を少なくとも有する磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度が大きな磁性膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性膜からなる磁気記録媒体を用いて、該媒体上に、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度および1つの極小温度を持つ温度分布を形成して情報の再生を行うことを特徴とする情報再生方法。

【請求項2】 該2つの極大温度が第3の磁性層のキュリー温度よりも低く、該1つ極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間の交換結合が切れる温度 $T_s$ よりも高いことを特徴とする請求項1に記載の情報再生方法。

【請求項3】 該2つの極大温度および1つの極小温度が、2つの光ビーム発生源により形成されることを特徴とする請求項1に記載の情報再生方法。

【請求項4】 前記2つの光ビームが情報再生用の光ビームと補助加熱用の光ビームであり、情報再生用の光ビームが補助加熱用の光ビームよりも波長が短いことを特徴とする請求項3に記載の情報再生方法。

【請求項5】 前記情報再生用の光ビームの波長が前記補助加熱用の光ビームの波長よりも50nm以上短いことを特徴とする請求項4に記載の光磁気再生方法。

【請求項6】 前記2つの光ビームの波長をそれぞれ $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ とし、前記磁気記録媒体に集光するための対物レンズの開口数をNAとしたとき、2つの光ビームの中心の記録媒体上の記録トラックに沿う間隔 $d$ が、 $(\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2/\pi) \times (\lambda_1 / NA) < d < 2 \times (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2/\pi) \times (\lambda_2 / NA)$ であることを特徴とする請求項3、4または5に記載の光磁気再生方法。

【請求項7】 室温において交換結合して順次積層されている第1、第2および第3の磁性層からなる磁性層を少なくとも有する磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度が大きな磁性膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性膜からなる磁気記録媒体を用いて情報の再生を行う情報再生装置であって、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布を該媒体上に形成して情報の再生を行う2つの光ビーム発生源を有することを特徴とする情報再生装置。

【請求項8】 該2つの極大温度が第3の磁性層のキュリー温度よりも低く、該1つの極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間

の交換結合が切れる温度 $T_s$ よりも高いことを特徴とする請求項7に記載の情報再生装置。

【請求項9】 前記2つの光ビームが情報再生用の光ビームと補助加熱用の光ビームであり、情報再生用の光ビームが補助加熱用の光ビームよりも波長が短いことを特徴とする請求項7または8に記載の情報再生装置。

【請求項10】 前記情報再生用の光ビームの波長が前記補助加熱用の光ビームの波長よりも50nm以上短いことを特徴とする請求項9に記載の光磁気再生装置。

【請求項11】 前記2つの光ビームの波長をそれぞれ $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ とし、前記磁気記録媒体に集光するための対物レンズの開口数をNAとしたとき、2つの光ビームの中心の記録媒体上の記録トラックに沿う間隔 $d$ が、 $(\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2/\pi) \times (\lambda_1 / NA) < d < 2 \times (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2/\pi) \times (\lambda_2 / NA)$ であることを特徴とする請求項7、8、9または10に記載の光磁気再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気光学効果を利用してレーザ光により情報の記録再生を行う光磁気記録媒体等に関し、更に詳しくは媒体の高密度記録化を可能とする光磁気記録媒体による情報の再生方法、および光磁気記録媒体を用いた情報再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】書き換え可能な高密度記録方式として、半導体レーザーの熱エネルギーを用いて、磁性薄膜に磁区を書き込んで情報を記録し、磁気光学効果を用いて、この情報を読み出す光磁気記録媒体が注目されている。また、近年この光磁気記録媒体の記録密度を高めて更に大容量の記録媒体とする要求が高まっている。

【0003】光磁気記録媒体等の光ディスクの線記録密度は、再生光学系のレーザー波長および対物レンズの開口数に大きく依存する。すなわち、再生光学系のレーザー波長 $\lambda$ と対物レンズの開口数NAが決まるとビームウェストの径が決まるため、信号再生時の空間周波数は $2NA/\lambda$ 程度が検出可能な限界となってしまふ。したがって、従来の光ディスクで高密度化を実現するためには、再生光学系のレーザー波長を短くしたり、対物レンズの開口数NAを大きくする必要がある。しかしながら、レーザー波長や対物レンズの開口数の改善にも限度がある。このため、記録媒体の構成や読み取り方法を工夫し、記録密度を改善する技術が開発されている。

【0004】例えば、特開平6-290496号においては、記録マークの境界に存在する磁壁を温度勾配によって移動させ、この磁壁の移動を検出することによって高密度な記録信号を再生する方法が提案されている。この方法によれば、記録媒体が磁壁が移動する温度に加熱された瞬間に磁壁の移動が起こり、この磁壁の移動を検出することによって高密度な記録信号を再生するので、

光の回折限界に全く依存せずに信号が再生可能となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平6-290496号記載の光磁気再生方法では、再生用のレーザーのスポット内で磁壁の移動を検出するのに十分な距離だけ磁壁を移動させ得るような温度勾配を媒体上に形成することが困難であるという課題を有している。

【0006】本発明は、このような従来技術の課題を解決すべくなされたものであり、光の回折限界以下の周期の信号が高速で再生可能となり、微少な記録磁区に対しても大きな記録磁区の場合とほぼ同じ振幅で再生信号が得られ、記録密度並びに転送速度を大幅に向上でき、再生装置の小型化も可能な光磁気記録媒体上の情報の再生方法及び再生装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため鋭意検討の結果、以下の発明を完成した。第1の発明は、室温において交換結合して順次積層されている第1、第2および第3の磁性層からなる磁性層を少なくとも有する磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度が大きな磁性層からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性膜からなる磁気記録媒体を用い、該媒体上に、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布を形成して情報の再生を行うことを特徴とする情報再生方法。第2の発明は、第1の発明に記載の情報再生方法において、該2つの極大温度が第3の磁性層のキュリー温度よりも低く、該1つの極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間の交換結合が切れる温度 $T_s$ よりも高いことを特徴とする情報再生方法。第3の発明は、前記2つの極大温度および1つの極小温度が、2つの光ビーム発生源により形成されることを特徴とする第1または第2の発明に記載の情報再生方法。第4の発明は、前記2つの光ビームが情報再生用の光ビームと補助加熱用の光ビームであり、情報再生用の光ビームが補助加熱用の光ビームよりも波長が短いことを特徴とする第3の発明に記載の情報再生方法。第5の発明は、前記情報再生用の光ビームの波長が前記補助加熱用の光ビームの波長よりも50nm以上短いことを特徴とする第4の発明に記載の光磁気再生方法。第6の発明は前記2つの光ビームの波長をそれぞれ $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ とし、前記磁気記録媒体に集光するための対物レンズの開口数をNAとしたとき、2つの光ビームの中心の記録媒体上の記録トラックに沿う間隔 $d$ が、

$$(\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2 / \pi) \times (\lambda_1 / NA) < d < 2 \times (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2 / \pi) \times (\lambda_2 / NA)$$

であることを特徴とする第3、第4または第5の発明に

記載の光磁気再生方法。第7の発明は、室温において交換結合して順次積層されている第1、第2および第3の磁性層からなる磁性層を少なくとも有する磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度が大きな磁性膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性膜からなる磁気記録媒体を用いて情報の再生を行う情報再生装置であって、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布を該媒体上に形成して情報の再生を行う2つの光ビーム発生源を有することを特徴とする情報再生装置。第8の発明は上記2つの極大温度が第3の磁性層のキュリー温度よりも低く、該1つの極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間の交換結合が切れる温度 $T_s$ よりも高いことを特徴とする第7の発明に記載の情報再生装置。第9の発明は、前記2つの光ビームが情報再生用の光ビームと補助加熱用の光ビームであり、情報再生用の光ビームが補助加熱用の光ビームよりも波長が短いことを特徴とする第7または第8の発明に記載の情報再生装置。第10の発明は、前記情報再生用の光ビームの波長が前記補助加熱用の光ビームの波長よりも50nm以上短い、第9の発明に記載の情報再生装置。第11の発明は、前記2つの光ビームの波長をそれぞれ $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ とし、前記磁気記録媒体に集光するための対物レンズの開口数をNAとしたとき、2つの光ビームの中心の記録媒体上の記録トラックに沿う間隔 $d$ が、

$$(\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2 / \pi) \times (\lambda_1 / NA) < d < 2 \times (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2 / \pi) \times (\lambda_2 / NA)$$

である第7、8、9または10の発明に記載の情報再生装置。

【0008】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の情報再生方法およびその再生方法における作用を説明するための模式図である。図1(a)は、本発明の情報再生方法に用いる光磁気記録媒体の模式的断面図である。この媒体は、基板14上に第1の磁性層11、第2の磁性層12、第3の磁性層13が順次積層されてなる。各層中の矢印16は原子スピンの向きを表している。スピンの向きが相互に逆向きの領域の境界部には磁壁17が形成されている。また、この記録層の記録信号も下側にグラフとして表わす。図1(b)は、本発明の光磁気記録媒体に形成される温度分布を示すグラフである。この温度分布は、加熱用光ビームスポット19と再生用光ビームスポット18によって媒体上に誘起されるものであるが、少なくとも2つの極大温度を持ち、これらの極大温度のうち少なくとも一方は再生用光ビーム照射範囲外に形成されるように再生用光ビームスポット18と加熱用光ビームスポット19の位置と照射パワーが調整されている。ここ

5

で位置 $x_{s1}$ 、 $x_{s2}$ においては、媒体温度が第2の磁性層12のキュリー温度近傍で第1の磁性層11と第3の磁性層13の間の交換結合が切れる温度 $T_s$ になっている。図1(c)は、図1(b)の温度分布に対応する第1の磁性層の磁壁エネルギー密度 $\sigma_{w1}$ の分布を示すグラフである。このように $x$ 方向に磁壁エネルギー密度 $\sigma_{w1}$ の勾配があると、位置 $x$ に存在する各層の磁壁に対して下記式から求められる力 $F1$ が作用する。

【0009】

【数1】

$$F1 = \frac{\partial \sigma_{w1}}{\partial x}$$

この力 $F1$ は、磁壁エネルギーの低い方に磁壁を移動させようと作用する。一方磁壁には磁壁が動かないようにする力 $F_s$ も作用している。 $F_s$ は下記式で与えられる。

【0010】 $F_s = 2\pi \times M_{s1} \times H_{w1}$ 

ここで、 $M_{s1}$ は第1の磁性層の飽和磁化、 $H_{w1}$ は第1の磁性層の磁壁抗磁力である。媒体の温度が $T_s$ 以上のときにこの $F_s$ が十分に小さければ、力 $F1$ によって容易に磁壁が移動する。一方、位置 $x_{s1}$ より手前(図では右側)と $x_{s2}$ より後方の領域では、媒体温度が $T_s$ より低く磁壁抗磁力の大きな第3の磁性層と交換結合しているために、第3の磁性層中の磁壁の位置に対応した位置に第1の磁性層中の磁壁も固定されていて第1の磁性層中の磁壁は動かない。

【0011】本発明においては、図1(a)に示すように、磁壁17が媒体の位置 $x_{s1}$ にあり、媒体温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍の温度 $T_s$ まで上昇し、第1の磁性層と第3の磁性層との間の交換結合が切断されると、第1の磁性層中の磁壁17は、破線矢印で示したように、温度が極大で磁壁エネルギー密度が極小となる領域 $x_{e1}$ へと“高速”に移動する。

【0012】一方、再生用光ビームの後方(図では左側)でも、媒体の位置 $x_{s2}$ において媒体温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍の温度 $T_s$ まで上昇し、位置 $x_{s2}$ よりも再生用光ビーム寄りの領域では第1の磁性層と第3の磁性層との間の交換結合が切断されており、磁壁17は力 $F1$ によって温度が極大で磁壁エネルギー密度が極小となる領域 $x_{e2}$ へと移動する。しかし、 $x_{e1}$ と $x_{e2}$ の間の領域では磁化の向きは一定で、再生中は変化しない。

【0013】再生用の光ビームのスポット18の下を磁壁17が移動すると、スポット内の第1の磁性層の原子スピンはおおむね一方に揃う。そして、媒体の移動に伴って磁壁17が位置 $x_{s1}$ に来る度に、スポットの下を磁壁17が高速に移動しスポット内の原子スピンの向きが反転しておおむね一方に揃う。この結果、再生信号振幅は記録されている磁壁の間隔(即ち記録マーク長)によらず、常にほぼ一定の振幅になり、光学的な回

6

折限界に起因した波形干渉等の問題から解放されるのである。

【0014】図1(b)に示すような温度分布を得るためには、再生用光ビームスポット18と加熱用光ビームスポット19との間隔は、再生用光ビームスポット18の波長を $\lambda_1$ 、加熱用光ビームスポット19の波長を $\lambda_2$ とし、磁気記録媒体(光磁気ディスク)に集光するための対物レンズの開口数を $NA$ としたとき、2つの光ビームの中心の記録媒体上の記録トラックに沿う間隔 $d$ を、 $(\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2/\pi) \times (\lambda_1 / NA) < d < 2 \times (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2/\pi) \times (\lambda_2 / NA)$ を満たすように設定するのが望ましい。

【0015】さらに、光磁気記録媒体を、再生用光ビームスポットに対しては光吸収率が小さく、加熱用光ビームスポットに対しては光吸収率が大きくなるように構成しておけば、再生用光ビームスポットの強度をあまり下げずに図1(b)に示すような温度分布を得ることができるので、より良好な再生信号が得られる。再生用光ビームスポットと加熱用光ビームスポットに対する光吸収率は、光透過層15の屈折率と膜厚を変化させることにより調整できる。再生用光ビームスポットに対する光吸収率を、加熱用光ビームスポットに対する光吸収率よりも十分に小さくするためには、光透過層15の屈折率を2.0以上、より望ましくは2.2以上とするのがよい。加熱用光ビームスポットと再生用光ビームスポットの波長が近接していると、十分な光吸収率差を得るために光透過層の膜厚を厚くしなければならず、生産性が悪くなるので、加熱用光ビームスポットの波長は再生用光ビームスポットの波長の1.1倍以上、より望ましくは1.4倍以上実数で50nmを超える波長の差があると良い。

【0016】図2は、情報トラック上を再生用光ビームスポットが移動していく時の本発明の動作を説明する図である。この図において(a)～(g)は、記録マーク長の異なる磁区24が形成された情報トラック27上を、再生用光ビームスポット21と加熱用光ビームスポット28が移動する状態を示す。温度プロファイル22は、再生用光ビームスポット21と加熱用光ビームスポット28によって媒体上にできる $T_s$ 等温線を示している。(h)は、得られる再生信号のグラフである。

【0017】本発明においては、再生用光ビームスポット21が情報トラック27に対して相対移動するにつれて温度プロファイルも相対移動していく。そして、再生用光ビームスポット21の前縁近傍で第2の磁性層の臨界温度 $T_s$ になり、再生用光ビームスポット中心よりも後ろに温度が極大で磁壁エネルギー密度が極小となる領域 $x_{e1}$ が来るようにしてある。したがって、再生用光ビームスポット21の前方では、再生用光ビームスポット21が磁壁25に差し掛かると、磁壁25の部分の温度が臨界温度 $T_s$ となり、磁壁25が矢印26で示した

10

20

30

40

50

方向に高速に移動し、温度が高く磁壁エネルギー密度の小さな領域x e 1まで記録マークが広がった状態(b)となる。再生用光ビームスポット21が相対移動して臨界温度Tsになる部分が磁壁に差し掛かるたびに(c)、(d)、(e)、(f)、(g)に示すように磁壁の移動が起こり、(h)に示すような大きな振幅の再生信号が得られる。

【0018】加熱用光ビームスポット28の後方にも第2の磁性層の臨界温度Tsになる部分があり、ここで磁壁の移動が発生している。しかし、磁壁の移動の終了点、すなわち温度が極大となり磁壁エネルギー密度が極小になる領域x e 2は再生用光ビームスポットより後方にあるので、再生用光ビームスポットの後方での磁壁の移動が再生信号のノイズとなることはなく、良好な再生信号が得られる。

【0019】図3は、本発明に用いる光磁気記録媒体の層構成の一実施態様を示す模式的断面図である。この態様においては、透明基板36上に、光透過層35、第1の磁性層31、第2の磁性層32、第3の磁性層33、保護層34が順次積層されている。透明基板36としては、例えば、ポリカーボネート、ガラス等を用いることができる。光透過層35としては、例えば、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、SiO<sub>2</sub>、SiO、ZnS、MgF<sub>2</sub>などの透明誘電材料を用いることができる。最後に保護膜として形成される保護層34は例えば、光透過層35と同じ材料を用いることもでき、Al、Cr、Ti、Pt、Au等の耐蝕性に優れた他の材料も用いることができる。これら各層は、例えばマグネトロンスパッタ装置による連続スパッタリング、または連続蒸着等によって被着形成できる。特に各磁性層は、真空を破ることなく連続成

膜されることで、互いに交換結合をしている。

【0020】この構成に、更にAl、AlTa、AlTi、AlCr、Cu、Auなどからなる金属層を付加して、熱的な特性を調整してもよい。また、高分子樹脂からなる保護コートが付与してもよい。あるいは、成膜後の基板を貼り合わせてもよい。上記媒体において、各磁性層31～33は、種々の磁性材料によって構成することが考えられるが、例えば、Pr、Nd、Sm、Gd、Tb、Dy、Hoなどの希土類金属元素の一種類あるいは二種類以上が10～40原子%、Fe、Co、Niなどの鉄族元素の一種類あるいは二種類以上が90～60原子%である希土類-鉄族非晶質合金によって構成し得る。また、耐食性向上のために、これにCr、Mn、Cu、Ti、Al、Si、Pt、Inなどの元素を少量添加してもよい。

【0021】重希土類-鉄族非晶質合金の場合、飽和磁化は、希土類元素と鉄族元素との組成比により制御することが可能である。また、キュリー温度も、組成比により制御することが可能であるが、飽和磁化と独立に制御するためには、鉄族元素として、Feの一部をCoで置

き換えた材料を用い、置換量を制御する方法がより好ましく利用できる。すなわち、Fe1原子%をCoで置換することにより、6℃程度のキュリー温度上昇が見込めるので、この関係を用いて所望のキュリー温度となるようにCoの添加量を調整する。また、Cr、Tiなどの非磁性元素を微量添加することにより、逆にキュリー温度を低下させることも可能である。あるいはまた、二種類以上の希土類元素を用いてそれらの組成比を調整することによってもキュリー温度を制御できる。この他に、ガーネット、白金族-鉄族周期構造膜、もしくは白金族-鉄族合金などの材料も使用可能である。

【0022】第1の磁性層としては、例えば、GdCo、GdFeCo、GdFe、NdGdFeCoなどの垂直磁気異方性の小さな希土類-鉄族非晶質合金や、Pt/Co、Pd/Coなどの白金族-鉄族周期構造膜や、ガーネット等のバブルメモリ用材料が望ましい。第2の磁性層には、例えばTbFe、DyFe、TbDyFe、TbFeCo、DyFeCo、TbDyFeCo等のキュリー温度の低いものを用いることが望ましい。第3の磁性層としては、例えば、TbFeCo、DyFeCo、TbDyFeCoのような希土類-鉄族非晶質合金など、垂直磁気異方性及び保磁力が大きく、微小なビットが記録でき、かつ形成された記録ビットが安定に保持できるものが望ましい。

【0023】本発明の光磁気記録媒体へのデータ信号の記録は、媒体を移動させながら、第3の磁性層がキュリー温度以上になるようなパワーのレーザー光をDC光で、あるいはパルス光で照射しながら外部磁界を变調して行うか、もしくは、一定方向の磁界を印加しながらレーザーパワーを变調して行う。後者の場合、光スポット内の所定領域のみが第3の磁性層のキュリー温度近傍になるようにレーザー光の強度を調整すれば、光スポットの径以下の記録磁区が形成でき、その結果、光の回折限界以下の周期の信号を記録できる。

【0024】

【実施例】以下に具体的な実施例をもって本発明を更に詳細に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り以下の実施例に限定されるものではない。

#### 実施例1

直流マグネトロンスパッタリング装置に、BドープしたSi、及びGd、Dy、Tb、Fe、Coの各ターゲットを取り付け、トラッキング用の案内溝の形成されたポリカーボネイト基板を基板ホルダーに固定した後、1×10<sup>-5</sup>Pa以下の高真空になるまでチャンバー内をクライオポンプで真空排気した。真空排気をしたままArガスとN<sub>2</sub>ガスを0.3Paとなるまでチャンバー内に導入し、基板を回転させながら、磁性層の保護と反射率の調整のための光透過層としてSiN層を1000オングストローム成膜した。引き続き、真空排気をしたままArガスを0.3Paとなるまでチャンバー内に導入し、

基板を回転させながら、第1の磁性層としてGdCo層を300オングストローム、第2の磁性層としてDyFe層を100オングストローム、第3の磁性層としてTbFeCo層を400オングストローム順次成膜した。最後に、光透過層の成膜時と同様の条件で、保護層としてSiN層を800オングストローム成膜した。SiN層の屈折率は2.3になるようにArガスとN<sub>2</sub>ガスの混合比を調整した。各磁性層は、Gd、Dy、Tb、Fe、Coの各ターゲットに直流パワーを印加して成膜した。各磁性層の組成は、全て補償組成近傍になるように調整し、キュリー温度は、第1の磁性層が250℃、第2の磁性層が160℃、第3の磁性層が290℃程度となるように設定した。

【0025】この媒体のグループ上に高パワーのレーザー光を集光して照射し、500℃以上に加熱してグループ部分のみに加熱処理を行った。この媒体は、図4に断面形状で示したように、基板41上に、光透過層42、磁性層43、保護層44が積層されている。そして、グループ部45上に積層された磁性層は前記の加熱処理によって非磁性層47に変質している。この非磁性層47によって、ランド46上に積層された磁性層43は、グループ45の部分でほぼ磁気的に分離されている。なお実際には、グループ部の磁性層が加熱処理によって完全に非磁性層にならなくても、飽和磁化が十分に小さくなればグループ部での結合は無視できる。本発明において、各情報トラック間で互いに磁気的に分離されるとは、このような状態も含まれる。このランド46上に幅いっぱい反転磁区を形成すると、図5に示すように、ランド51上の磁区の境界部に、閉じていない磁壁53が形成される。このような磁壁53は、トラック方向に移動させても、トラック側部の磁壁の生成・消滅を伴わないので、容易に移動させることができる。

【0026】このようにして得た光磁気記録媒体について、記録再生特性を測定した。測定に用いた記録再生装置は、図6に示すように加熱用ビームスポット形成用の光学系を組み込んだ、2ビームの光磁気ディスク記録再生装置である。601は、記録再生用のレーザー光源で、波長は680nmで、記録媒体に対してP偏光が入射するように配置されている。603は、ビーム整形部付きビームスプリッタで、P偏光は70～80%透過し、S偏光は100%反射するよう設計されている。605は対物レンズで、記録再生用のレーザー光源の波長に合わせて設計されており、NAは0.55である。対物レンズ605は、図示しないサーボアクチュエータ及びサーボ回路によって、光磁気ディスク606の情報トラック上に記録再生用のレーザー光を集光するように、トラック制御及びフォーカス制御される。607は、加熱ビーム用のレーザー光源で、波長は780nmである。604のビームスプリッタは、記録再生用のレーザー光源からの光を100%透過し、加熱ビーム用のレー

ザー光源からの光を100%反射する。609は、情報信号を検出するためのRFセンサ615と、トラックエラー信号及びフォーカスエラー信号を検出するためのサーボセンサ612に光磁気ディスク606からの反射光を分配するためのビームスプリッタである。613は光磁気ディスク606からの反射光を差動検出するために入射光に対して±45°の偏光成分を分離するための複屈折性結晶である。

【0027】まず、記録媒体606を記録再生用光ビームとの相対速度が2m/sとなるように回転させ、記録再生用レーザーを6mWでDC照射しながら磁界を±2000eで変調することにより、第3の磁性層のキュリー温度以上に加熱した後の冷却過程で、磁界の変調に対応した上向き磁化と下向き磁化との繰返しパターンを形成した。記録磁界の変調周波数は1～10MHzまで変化させ、1.0～0.1μmの範囲のマーク長のパターンを記録した。

【0028】これらのマークを、再生用光ビームのパワーを2.3mW、加熱用光ビームのパワーを2.5mWとし、加熱用光ビームの中心が再生用光ビームの中心よりも記録トラックに沿って1.3μm後方になるように配置して、各マーク長のパターンについてのC/Nを測定した。この結果、マーク長0.1μmから1.0μmでいずれも45dB±1dBの様なC/Nが得られた。本発明の再生方法によると、記録されたマークを再生スポット内に拡大して検出するので、光の回折限界以下の周期の信号が再生可能となるのみならず、C/Nのマーク長依存性がほとんどなくなる。

#### 【0029】実施例2

実施例1と同様の成膜機、成膜方法で、同様にポリカーボネイト基板上に薄膜を成膜して光磁気記録媒体を作成した。この光磁気記録媒体を、実施例1と同様の記録再生装置を用いて、記録再生用光ビームとの相対速度が2m/sとなるように回転させ、記録再生用レーザーを6mWでDC照射しながら、図7(b)に示すような磁界を印加して図7(a)の信号を記録した。この信号は媒体上では長さ0.4μmのマークが4μmの間隔で並んだマークになる。磁界の強度は±2000eとした。この記録マークを、再生用光ビームのパワーを2.3mW、加熱用光ビームのパワーを2.5mWとし、加熱用光ビームの中心が再生用光ビームの中心よりも記録トラックに沿って1.5μm後方になるように配置して、再生信号をオシロスコープで観察した。この時の再生波形を図7(c)に示す。このように、本発明の再生方法では大きな振幅で矩形波に近い波形の再生信号が得られた。

#### 【0030】実施例3

加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔を0.8μm、0.9μm、1.0μm、1.1μm、1.2μm、1.3μm、1.4μm、1.5μm、

1.  $6\mu\text{m}$ 、1.  $7\mu\text{m}$ 、1.  $8\mu\text{m}$ と変化させて実施例2と同様の波形観察を行ったところ、加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔が0.  $9\mu\text{m}$ から1.  $6\mu\text{m}$ では図7(c)示すような、ノイズの無い矩形波に近い再生波形が得られた。このような良好な再生信号が得られるスポット間隔は、加熱用光ビームと再生用光ビームのスポットサイズに依存するので、前記の実験結果をスポットサイズに対する関係式にまとめて以下の関係式を得た。すなわち、再生用光ビームスポットの波長を $\lambda_1$ 、加熱用光ビームスポットの波長を $\lambda_2$ とし、光磁気記録媒体(光磁気ディスク)に集光するための対物レンズの開口数をNAとしたとき、2つの光ビームの中心の記録媒体上の記録トラックに沿う間隔dを、  

$$(\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2 / \pi) \times (\lambda_1 / \text{NA}) < d < 2 \times (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 \times (2 / \pi) \times (\lambda_2 / \text{NA})$$
を満たすように設定すれば良好な再生信号が得られることがわかった。一方、加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔が上記不等式の範囲外である0.  $8\mu\text{m}$ 、1.  $7\mu\text{m}$ 、1.  $8\mu\text{m}$ のときは、図7(d)に示すような再生波形となり、再生光のスポットの移動方向後方から移動してくる磁壁の影響で、本来の再生信号の遅延信号がノイズとして観察された。

#### 【0031】実施例4

再生用光ビームの波長を680nm、NAを0.55、パワーを2.3mWとし、加熱用光ビームの波長を780nm、NAを0.55、パワーを2.5mWとし、再生用光ビームと光磁気記録媒体との相対速度が2m/sのとき、加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔によって媒体の温度分布がどのように変化するかを、シミュレーションによって調べた。光磁気記録媒体の構成は、実施例1と同様とした。図8に、加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心を通り、光ビームと媒体の相対移動方向に沿った位置の温度分布を示す。図8(a)は加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔が0.  $8\mu\text{m}$ の場合で、図8(b)は1.  $1\mu\text{m}$ 、図8(c)は1.  $5\mu\text{m}$ 、図8(d)は1.  $7\mu\text{m}$ の場合を示す。図8において、右側が光ビームの相対進行方向前方である。Tc2で示した横線は、第2の磁性層のキュリー温度を示している。図中には再生光ビームの照射位置も併せて示してある。

【0032】加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔が1.  $1\mu\text{m}$ 、1.  $5\mu\text{m}$ の場合は、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布が形成されおり、かつ極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間の交換結合が切れる温度Tsよりも高くなっている。このような温度分布を形成すれば、実施例3に示した実験結果から明らかなように、良好な再生信号が得られる。

【0033】実施例3において、加熱用光ビームの中心

と再生用光ビームの中心の間隔が0.  $8\mu\text{m}$ のときは、再生光のスポットの移動方向後方から移動してくる磁壁の影響で、本来の再生信号の遅延信号がノイズとして観察されたが、図8(a)から、これは情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布が形成されていないために、再生光のスポットの移動方向後方から移動してくる磁壁が再生光ビームの照射範囲内に入りこんでいるためであることがわかる。

【0034】さらに実施例3において、加熱用光ビームの中心と再生用光ビームの中心の間隔が1.  $7\mu\text{m}$ のときは、再生光のスポットの移動方向後方から移動してくる磁壁の影響で、本来の再生信号の遅延信号がノイズとして観察されたが、図8(d)から、これは極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間の交換結合が切れる温度Tsよりも低いため、極小温度となった領域近傍で第3の磁性層に記録されている磁区が第1の磁性層に転写し、その結果生じた磁壁が再生光ビームの照射範囲内に移動していることが原因であることがわかる。但し極小温度となった領域近傍で第3の磁性層に記録されている磁区の第1の磁性層への転写は、極小温度が少なくともTsより低い温度でおきるのであって、実際に転写がおきる温度は記録マークの大きさ、媒体の構成などによって変化する。

【0035】以上から、情報トラックに沿って少なくとも2つの極大温度と1つの極小温度を持つ温度分布を形成し、更に望ましくは、極小温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍で第1の磁性層と第3の磁性層の間の交換結合が切れる温度Tsよりも高い温度分布を媒体上に形成すれば、良好な再生信号が得られることがわかる。

#### 【0036】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の情報再生方法、および情報再生装置によれば、光の回折限界以下の周期の信号が高速で再生可能となる。さらには、加熱用光ビームの位置に対して良好な再生信号の得られる範囲が広いので、容易に再生装置を構成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の再生方法の概念を模式的に示した図である。(a)は、媒体の断面の再生状態における各磁性層のスピン配向状態を、(b)は、(a)に示されている位置における媒体上の温度分布を、(c)は同様の位置における磁壁エネルギー密度の分布及びそれに伴って磁壁に作用する力の分布をそれぞれ模式的に示している。

【図2】本発明の再生方法を説明する模式図である。

【図3】本発明に用いる光磁気記録媒体の層構成の一実施例態様を示す模式的断面図である。

【図4】実施例における光磁気記録媒体の断面形状を示す図である。

【図5】実施例における光磁気記録媒体の磁化状態を示

す模式図である。

【図6】実施例において用いた記録再生装置を示す模式図である

【図7】実施例における記録信号、記録磁界と再生信号を示す図である。

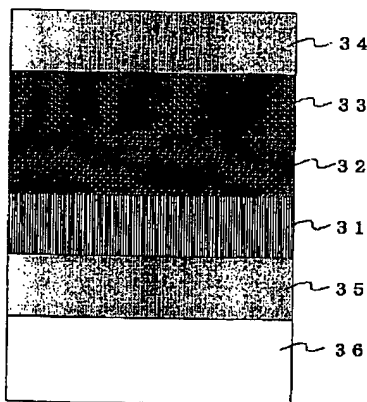
【図8】実施例における情報トラックに沿った温度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【符号の説明】

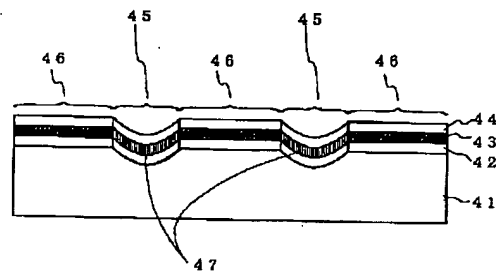
- 11 第1の磁性層
- 12 第2の磁性層
- 13 第3の磁性層
- 14 基板
- 16 原子スピンの向き
- 17 磁壁
- 18 再生用の光ビームスポット
- 19 加熱用の光ビームスポット
- 21 再生用光スポット
- 22 温度プロファイル
- 23 再生用光スポット、加熱用光スポット、温度プロファイルの移動方向
- 24 磁区
- 25 磁壁
- 26 磁壁の移動方向
- 27 情報トラック
- 28 加熱用光スポット
- 31 第1の磁性層
- 32 第2の磁性層
- 33 第3の磁性層

- 34 保護層
- 35 光透過層
- 36 透明基板
- 41 基板
- 42 光透過層
- 43 磁性層
- 44 保護層
- 45 グループ
- 46 ランド
- 10 47 非磁性層
- 51 ランド
- 52 グループ
- 53 磁壁
- 601 記録再生用レーザー光源
- 602 コリメートレンズ
- 603 ビーム整形部付きビームスプリッタ
- 604 ビームスプリッタ
- 605 対物レンズ
- 606 光磁気ディスク
- 20 607 加熱ビーム用レーザー光源
- 608 凸レンズ
- 609 ビームスプリッタ
- 610 凸レンズ
- 611 シリンドリカルレンズ
- 612 サーボセンサ
- 614 凸レンズ
- 615 RFセンサ

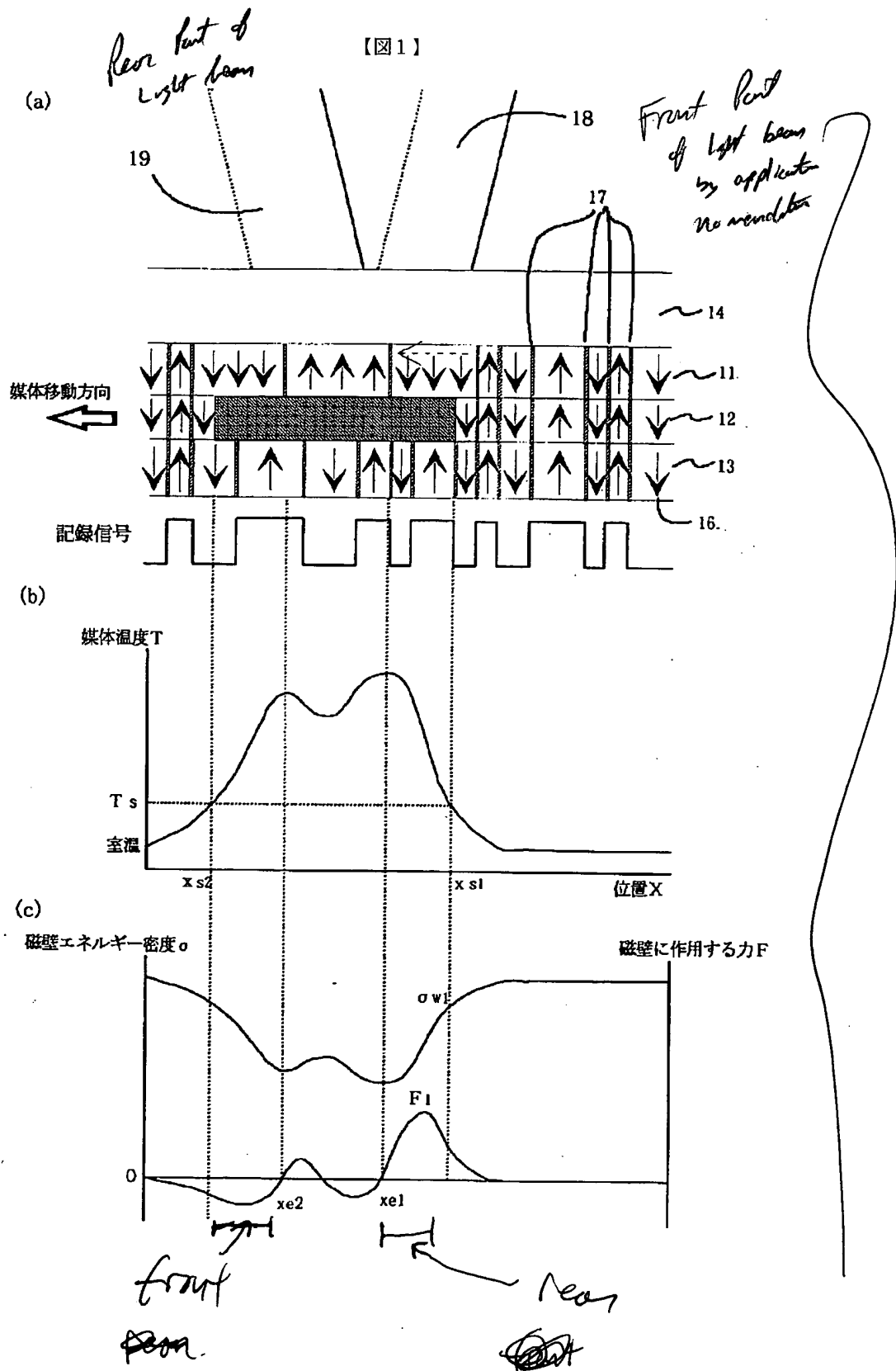
【図3】



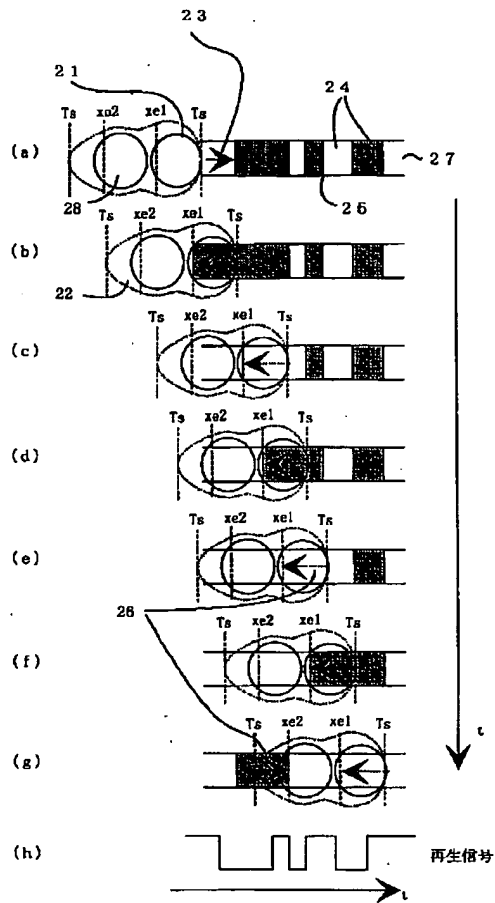
【図4】



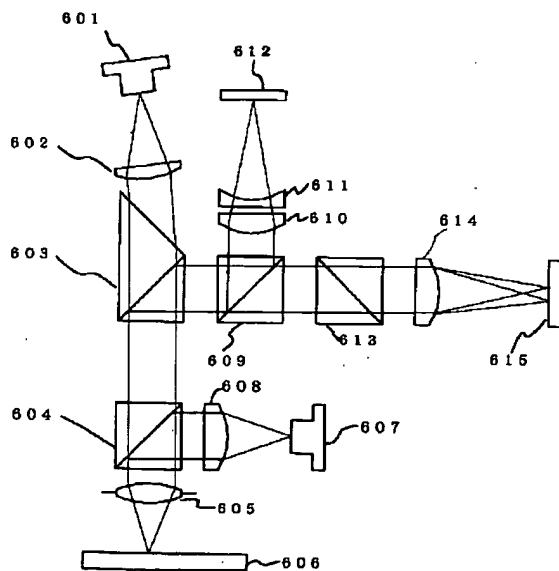




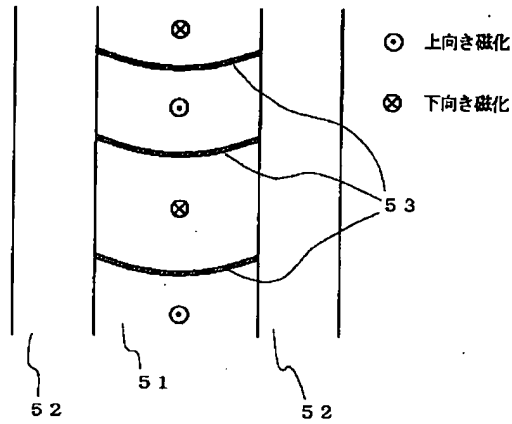
【図2】



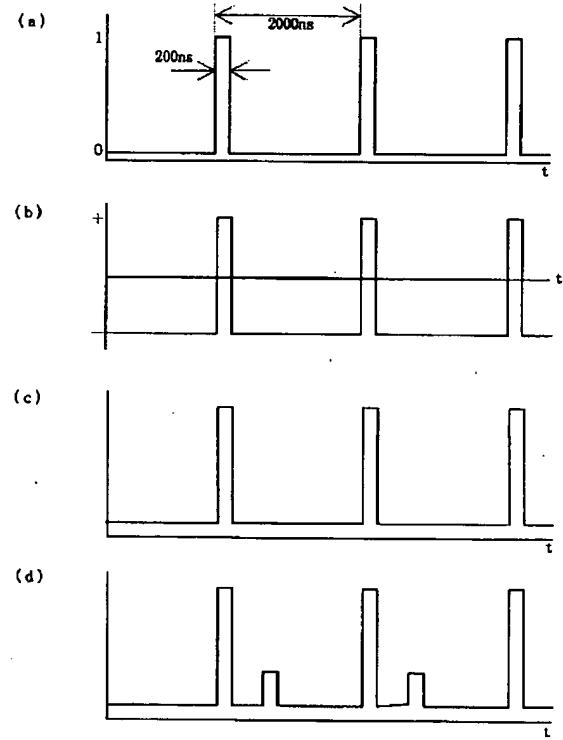
【図6】



【図5】



【図7】



【図8】

